

IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) REVIT UNTUK QUANTITY TAKE OFF PADA GEDUNG PENDIDIKAN SDN ASEMROWO

Mario Dewata Putra¹, Feriza Nadiar²
D4 Teknik Sipil, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya
E-mail: 18.mariodewataputra@gmail.com¹

ABSTRAK

Perkembangan teknologi digital dalam industri konstruksi mendorong penerapan Building Information Modeling (BIM) sebagai metode yang mampu meningkatkan efektivitas dan integrasi dalam proses perencanaan serta pelaksanaan proyek. Salah satu implementasi BIM dilakukan pada proses Quantity Take Off (QTO), yang selama ini masih banyak dikerjakan secara konvensional sehingga berpotensi menimbulkan perbedaan volume pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) menganalisis hasil pemodelan struktur Gedung SDN Asemrowo menggunakan Autodesk Revit; 2) menghitung volume pekerjaan struktur berbasis BIM, dan; 3) membandingkan hasil perhitungan BIM dengan metode konvensional; Metode penelitian yang digunakan adalah Representation-based Inquiry (RBI) dengan objek penelitian berupa Gedung Pendidikan SDN Asemrowo. Pemodelan tiga dimensi dilakukan berdasarkan gambar Detail Engineering Design (DED) yang meliputi pondasi pilecap, sloof, kolom, balok, pelat lantai, dan struktur atap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Autodesk Revit mampu menghasilkan model 3D struktur beserta output QTO berupa volume beton dan pembesian pada setiap elemen struktur. Hasil perbandingan menunjukkan selisih sebesar -2,90% pada volume beton dan -2,67% pada volume pembesian antara metode BIM dan metode konvensional. Nilai negatif (-) menunjukkan bahwa hasil perhitungan menggunakan BIM lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Selisih tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan tingkat ketelitian perhitungan dan pemodelan.

Kata kunci

Pemodelan Informasi Bangunan, Perhitungan Kuantitas, Pekerjaan struktur

ABSTRACT

The development of digital technology in the construction industry has encouraged the implementation of Building Information Modeling (BIM) to improve efficiency and integration in project planning and execution. One key application of BIM is in the Quantity Take-Off (QTO) process, which is still commonly performed using conventional methods that often lead to discrepancies in work quantity calculations. This study aims to: 1) analyze the structural modeling results of the SDN Asemrowo School Building using Autodesk Revit; 2) calculate BIM-based quantities for structural works; and 3) compare the BIM-based calculation results with those obtained using conventional methods. This study employed the Representation-Based Inquiry (RBI) method, with the SDN Asemrowo School Building serving as the research object. Three-dimensional modeling was carried out based on Detail Engineering Design (DED) drawings, including pile caps, sloof, columns, beams, floor slabs, and roof structures. The results indicate that Autodesk Revit is capable of generating a comprehensive 3D structural model and producing QTO outputs in the form of concrete and reinforcement quantities for each structural element. The comparison results show differences of -2.90% in concrete volume and -2.67% in reinforcement quantity between the BIM and conventional methods. The negative values indicate that the quantities calculated using BIM are lower than those obtained through conventional methods. These differences may be attributed to variations in the accuracy of the calculation and modeling processes.

Keywords

Building Information Modeling, Quantity Take Off, Structural works

1. PENDAHULUAN

Industri konstruksi global saat ini tengah mengalami transformasi signifikan seiring dengan diperkenalkannya Building Information Modeling (BIM). Sebagai pendekatan berbasis digital, BIM merupakan terobosan revolusioner dalam industri konstruksi yang mengubah paradigma tradisional menjadi pendekatan berbasis digital secara menyeluruh. BIM didefinisikan sebagai representasi digital komprehensif yang memuat seluruh karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas, berfungsi sebagai basis pengetahuan bersama untuk mendukung pengambilan keputusan mulai dari tahap konsep, desain, konstruksi, hingga operasi dan pemeliharaan (Wibowo, 2023).

Secara teknis, BIM memiliki beberapa tingkatan dimensi yang saling terkait. Pada level dasar, 3D BIM berfokus pada pemodelan geometris bangunan, 4D BIM mengintegrasikan unsur waktu untuk simulasi progres konstruksi, sementara 5D BIM menambahkan estimasi biaya ke dalam model. Kemampuan multi-dimensi ini menjadikan BIM sebagai alat yang kuat tidak hanya untuk visualisasi, tetapi juga untuk perencanaan proyek dan pengendalian biaya secara menyeluruh. Pada hakikatnya, BIM bukan sekadar perangkat lunak, melainkan suatu ekosistem terintegrasi yang mencakup proses pemodelan 3D, manajemen data terpusat, dan kolaborasi multi-disiplin sepanjang siklus hidup proyek konstruksi. Salah satu kontribusi terbesar BIM dalam proses konstruksi adalah kemampuannya dalam melakukan Quantity Take Off (QTO) secara otomatis dan akurat. QTO merupakan proses perhitungan volume dan kuantitas material yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Secara konvensional, proses ini dilakukan secara manual berdasarkan gambar 2D, sehingga sangat rentan terhadap kesalahan manusia (*human error*), membutuhkan waktu yang lama, dan berpotensi menghasilkan perbedaan volume yang cukup signifikan. Melalui BIM, QTO dapat dihasilkan langsung dari model 3D sehingga perhitungan menjadi lebih presisi, cepat, dan efisien (Fadillah, 2022).

Di Indonesia, penerapan BIM semakin didorong oleh pemerintah melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 22/PRT/M/2018, yang mewajibkan penggunaan BIM pada bangunan gedung negara dengan kriteria tertentu. Hal ini mendorong para praktisi dan akademisi di bidang teknik sipil untuk lebih aktif mengeksplorasi dan mengimplementasikan teknologi BIM dalam berbagai proyek konstruksi, termasuk pada proyek bangunan pendidikan. Berbagai penelitian terdahulu telah membuktikan keunggulan metode BIM dibandingkan metode konvensional salah satunya perhitungan pada Proyek Kantor PNM Cabang Jember menemukan bahwa metode BIM menghasilkan total volume beton sebesar 229,23 m³, sedangkan metode konvensional menghasilkan 257,68 m³, dengan selisih tertinggi pada elemen balok sebesar 43,37% (Amri et al. 2023).

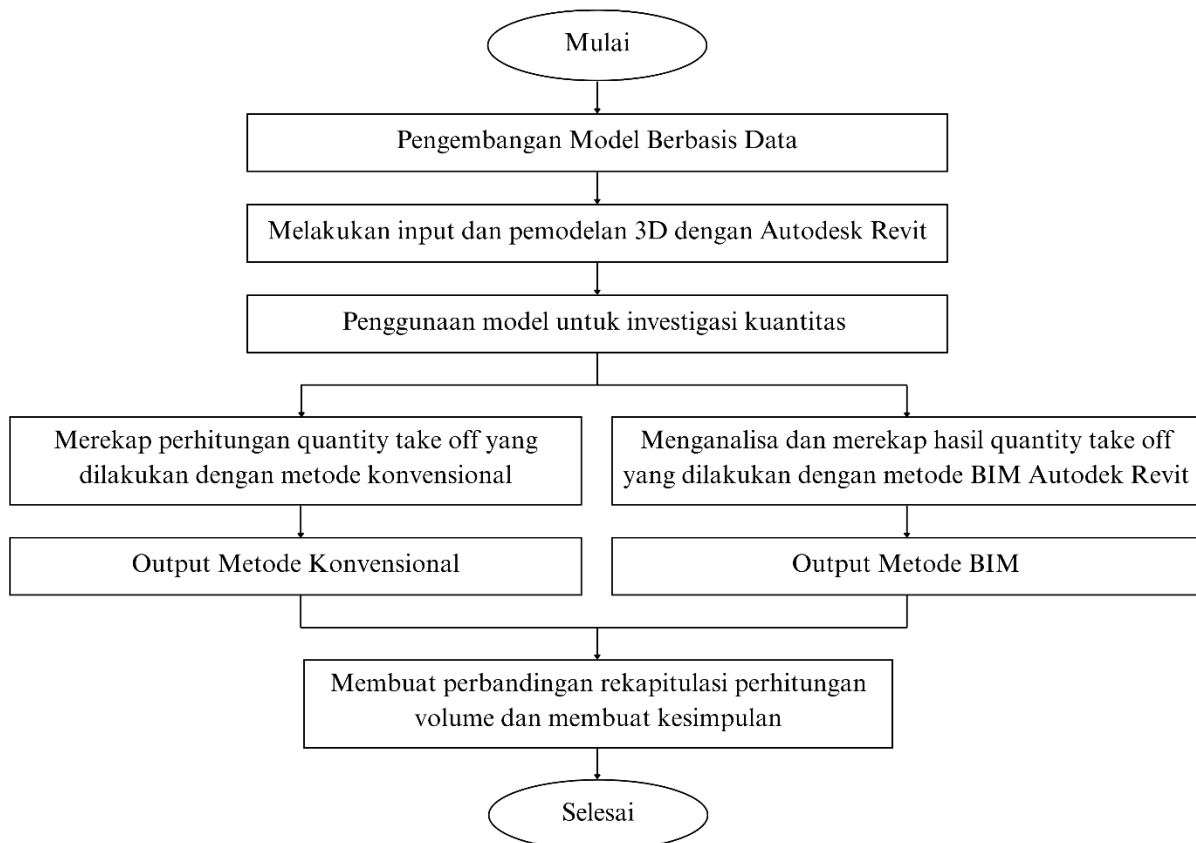
Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan BIM berbasis Autodesk Revit pada pekerjaan struktur Gedung Pendidikan Sekolah Dasar Negeri (SDN) Asemrowo. Mencakup pemodelan struktur 3D secara penuh, perhitungan volume pekerjaan struktur melalui fitur QTO pada Revit, serta perbandingan hasilnya dengan metode konvensional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan penerapan teknologi BIM pada proyek konstruksi bangunan gedung pendidikan di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Representation-based Inquiry (RBI) atau Model-Based Inquiry (MBI). Yang dimana Representation-Based Inquiry (RBI) adalah pendekatan penelitian yang menekankan penggunaan berbagai bentuk representasi untuk memahami suatu fenomena atau konsep, sedangkan Model-Based Inquiry (MBI) adalah pendekatan yang berfokus pada proses pengembangan, penggunaan, dan penyempurnaan model untuk menjelaskan suatu fenomena. Dalam kerangka pendekatan ini, model tidak sekadar berfungsi sebagai alat bantu visualisasi, melainkan berperan aktif sebagai instrumen berpikir dan investigasi yang menggerakkan proses inquiry secara langsung.

Landasan studi dari pendekatan ini berakar pada pemahaman bahwa representasi merupakan elemen sentral dalam proses desain dan penelitian. Representasi yang meliputi sketsa, gambar, model fisik, model digital, maupun model matematis berfungsi sebagai dunia virtual yang memungkinkan peneliti bereksperimen dengan risiko yang relatif rendah (Kvan, T., & Thilakarathne, R. 2003).

Dalam penelitian ini, model BIM Revit difungsikan secara serupa, yakni sebagai alat bantu yang memungkinkan peneliti menelusuri, mengeksplorasi, dan mengevaluasi berbagai aspek pekerjaan struktur gedung mulai dari akurasi geometri elemen struktural, hingga melacak informasi teknis yang tersemat di dalam model bangunan.



Flowchat 1. Diagram Alur Penelitian

2. 1 Pengembangan model berbasis data

Pengembangan model dalam penelitian ini dilakukan dengan menyusun kerangka kerja sistematis yang menyelaraskan tujuan inkuiri dengan spesifikasi teknis pemodelan. Langkah awal dimulai dengan penetapan parameter teknis dalam ekosistem Autodesk

Revit, termasuk penentuan standar yang memadai agar model mampu merepresentasikan detail struktur secara akurat sesuai dengan dokumen DED.

Selain aspek teknis, perencanaan juga mencakup perancangan alur kerja (workflow) yang mendefinisikan bagaimana elemen-elemen dari gambar 2D akan ditransformasikan menjadi objek parametrik di dalam lingkungan BIM.

Peneliti juga melakukan penyiapan template pemodelan, pengaturan sistem koordinat, serta skema klasifikasi material agar sinkron dengan pekerjaan yang tertera dalam RAB.

2. 2 Penggunaan model untuk investigasi perbandingan kuantitas struktur

Pada fase ini, model BIM 3D Gedung Pendidikan SDN Asemrowo yang dibuat menggunakan Autodesk Revit digunakan sebagai instrumen untuk menyelidiki dan membandingkan kuantitas pekerjaan struktur. Tahapan investigasi meliputi verifikasi model, ekstraksi Quantity Take Off (QTO), dan perbandingan volume antara metode BIM dan metode konvensional.

Verifikasi dilakukan pada setiap elemen struktur untuk memastikan kesesuaian model dengan gambar Detail Engineering Design (DED), mencakup dimensi geometri, detail penulangan, dan spesifikasi material pada pondasi, sloof, kolom, balok, pelat lantai, hingga struktur atap baja. Setelah model dinyatakan valid, dilakukan ekstraksi QTO menggunakan fitur schedule pada Autodesk Revit untuk memperoleh volume beton dan berat besi secara otomatis.

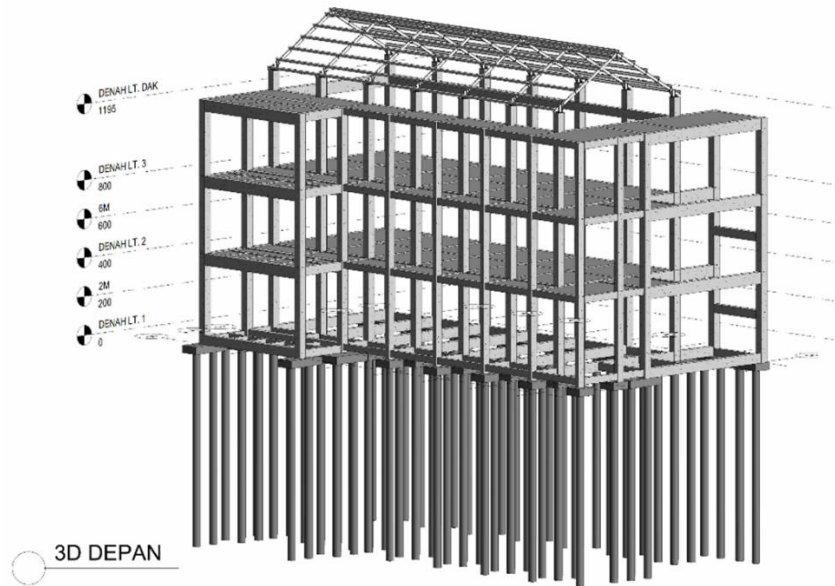
Tahap akhir adalah membandingkan hasil perhitungan BIM dengan metode konvensional pada seluruh elemen struktur. Perbedaan hasil dipengaruhi oleh perbedaan metode perhitungan, di mana metode konvensional menggunakan bentang as-to-as, sedangkan Revit menggunakan bentang bersih (clear span). Selain itu, perbedaan panjang tulangan, jumlah sengkang, dan pembulatan angka turut memengaruhi selisih volume yang dihasilkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. 1 Pengembangan Model Berbasis Data

Pemodelan tiga dimensi Gedung Pendidikan SDN Asemrowo dilakukan menggunakan Autodesk Revit dengan berpedoman pada dokumen Detail Engineering Design (DED) sebagai acuan utama. Gambar teknis 2D yang terdiri dari denah, potongan, tampak, dan detail penulangan menjadi landasan dalam mentransformasikan data perencanaan konvensional menjadi objek parametrik tiga dimensi di dalam lingkungan BIM. Sebelum pemodelan elemen struktur dimulai, terlebih dahulu ditetapkan parameter dasar model meliputi as grid, elevasi atau level lantai, dimensi bangunan, serta dimensi masing-masing elemen struktur. Gedung ini direncanakan sebagai bangunan tiga lantai dengan tambahan satu lantai dak atap, di mana tinggi lantai 1 hingga lantai 3 masing-masing adalah 4 meter dan tinggi lantai atap sekitar 3,5 meter.

Pemodelan elemen struktur mencakup seluruh komponen struktural bangunan secara lengkap, mulai dari pondasi pilecap (tipe P1, P2, P3), sloof (tipe S1, S2, S3, S4), kolom (tipe K1 dan K2), balok (tipe B1, B2, B3, B4), pelat lantai setebal 120 mm, hingga struktur atap yang meliputi kuda-kuda (rafter), kolom pedestal, dan rangka gording. Hasil pemodelan ditampilkan dalam berbagai sudut pandang dua dimensi maupun tiga dimensi, mencakup tampak empat sisi bangunan, denah per lantai, potongan portal, serta detail penulangan tiap elemen struktur, yang keseluruhannya menjadi bukti kesesuaian model BIM dengan spesifikasi teknis yang tercantum dalam dokumen DED.

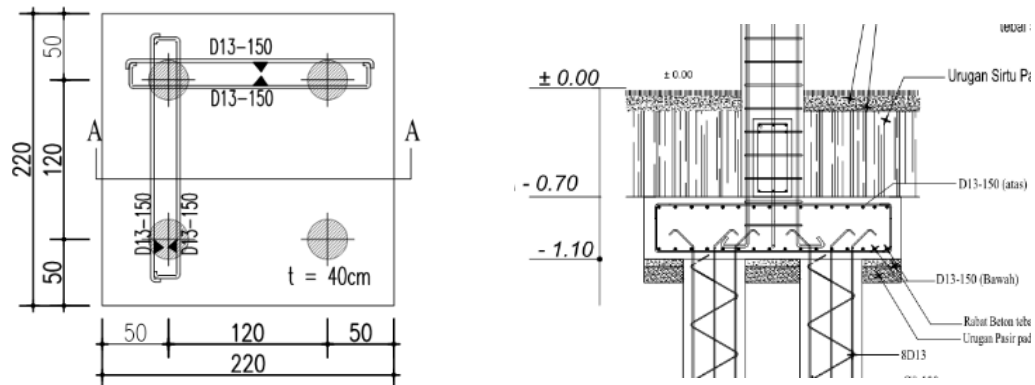


Gambar 1: Pemodelan 3D Revit

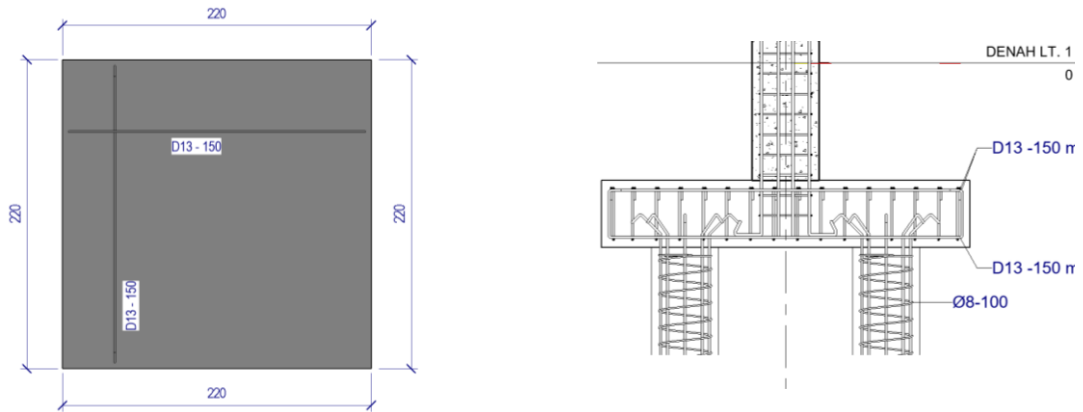
3. 2 Verifikasi Hasil Pemodelan dengan Perhitungan Konvensional

Untuk memastikan kesamaan desain perencanaan antara pemodelan pada software revit dan gambar kerja proyek (DED), dilakukan verifikasi gambar kerja untuk mencocokkan data perencanaan dan spesifikasi teknis material yang digunakan pada elemen struktur pada proyek tersebut. Komponen struktur yang digunakan yakni pondasi pilepap (PC1), kolom (K1), dan balok (B1). Yang akan diambil volumenya per satu komponen strukturnya.

a. Verifikasi Komponen Struktur Pondasi (PC1)



Gambar 2. DED PC1 Konvensional



Gambar 3. PC1 BIM Revit

Tabel 1. Verifikasi Volume PC1

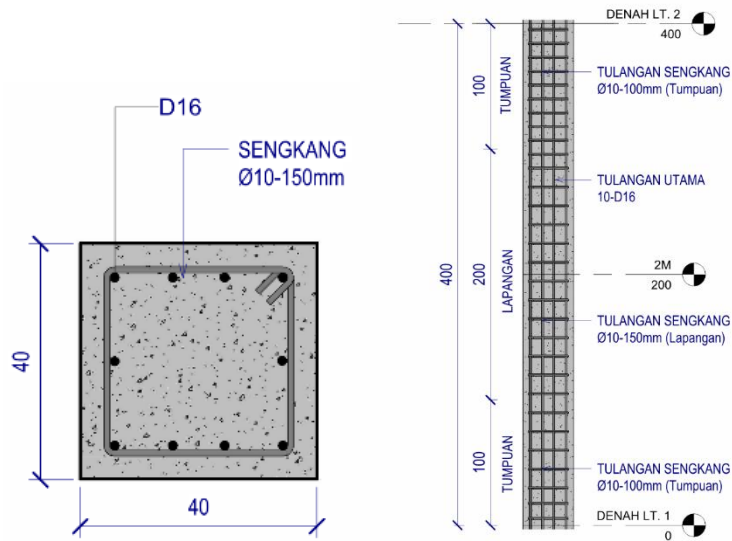
Verifikasi P1			
Type	Item	Volume Konvensional	Volume BIM
P1	Beton (m3)	7,08	6,96
	Besi (Kg)	680,96	668,47

Berdasarkan tabel Verifikasi P1, terdapat selisih antara metode konvensional dan metode BIM, yaitu 0,12 m³ pada volume beton dan 12,49 kg pada volume besi. Perbedaan ini disebabkan oleh akurasi pemodelan 3D Autodesk Revit yang mampu menghitung dimensi struktur dan detail tulangan secara lebih aktual dibandingkan metode konvensional berbasis 2D yang masih menggunakan asumsi dan pembulatan.

b. Verifikasi Komponen Struktur Kolom (K1)

TYPE	K1	
	POTONGAN	TUMPUAN
GAMBAR		
DIMENSI	400 x 400	400 x 400
TULANGAN UTAMA	10 D 16	10 D 16
TULANGAN GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150

Gambar 4. DED K1 Konvensional



Gambar 5. K1 BIM Revit

Tabel 2. Verifikasi Volume K1

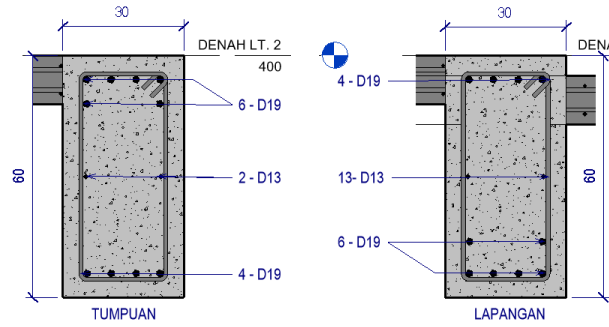
Verifikasi K1			
Tipe	Item	Volume Konvensional	Volume BIM
K1	Beton (m3)	0,64	0,64
	Besi (Kg)	89,55	88,16

Berdasarkan tabel Verifikasi K1, volume beton metode konvensional dan BIM menunjukkan hasil yang sama, yaitu 0,64 m³. Namun, volume besi memiliki selisih 1,39 kg, di mana Autodesk Revit menghasilkan 88,16 kg dan metode konvensional 89,55 kg. Perbedaan ini disebabkan BIM menghitung detail penulangan secara lebih akurat dibanding metode konvensional.

c. Verifikasi Komponen Struktur Balok (B1)

TYPE	BALOK (B-1)	
POTONGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
GAMBAR		
DIMENSI	300 x 600	300 x 600
TULANGAN TARIK	6 D 19	4 D 19
TULANGAN TORSI	2 D 13	2 D 13
TULANGAN TEKAN	4 D 19	6 D 19
TULANGAN GESER	Ø 10 - 100	Ø 10 - 150

Gambar 6. DED B1 Konvensional



Gambar 7. B1 BIM Revit

Tabel 3. Verifikasi Volume B1

B1			
Type	Item	Volume Konvensional	Volume BIM
B1	Beton (m ³)	1,41	1,41
	Besi (Kg)	274,19	257,56

Berdasarkan tabel verifikasi B1, volume beton metode konvensional dan BIM menunjukkan hasil yang sama, yaitu 1,41 m³. Namun, pada volume besi terdapat selisih 16,63 kg, di mana BIM menghasilkan 257,56 kg dan metode konvensional 274,19 kg. Perbedaan ini disebabkan metode BIM menghitung detail penulangan secara lebih akurat berdasarkan model 3D, sedangkan metode konvensional masih menggunakan asumsi dan pembulatan perhitungan.

3. 3 Penggunaan model untuk investigasi perbandingan kuantitas struktur

Tabel 4. Rekapitulasi Perbandingan Volume Struktur

NO	Uraian Pekerjaan		Quantity Take Off (QTO)		%
			Existing	BIM	
1	Pondasi	Beton (M3)	143,88	141,87	-1,4%
		Besi (Kg)	13831,13	13969,00	1,00%
2	Sloof	Beton (M3)	18,34	18,70	1,96%
		Besi (Kg)	2793,87	2813,88	0,72%
3	Kolom	Beton (M3)	54,51	52,13	-4,37%
		Besi (Kg)	7589,64	7250,2	-4,47%
4	Balok	Beton (M3)	65,38	63,23	-3,29%
		Besi (Kg)	10292,16	9462,99	-8,06%
5	Pelat Lantai	Beton (M3)	67,1888	63,23	-5,89%
		Besi (Kg)	6808,23	6640,72	-2,46%
6	Kolom WF	Besi (Kg)	103,26	100,09	-3,07%
6	Rafter	Besi (Kg)	825,98	874,64	5,89%
7	Jurai	Besi (Kg)	54,94	57,21	4,12%
8	Gording	Besi (Kg)	1,617	1,636	1,18%
Total Volume Beton			349,30	339,16	-2,90
Total Volume Besi			42.300,84	41.170,37	-2,67

Nilai selisih yang bertanda negatif (-) menunjukkan bahwa volume hasil perhitungan menggunakan BIM lebih kecil dibandingkan dengan volume pada QTO eksisting. Sebaliknya, nilai selisih yang bertanda positif (+) menunjukkan bahwa volume hasil perhitungan BIM lebih besar daripada volume eksisting. Berikut disajikan hasil analisis perbandingan volume antara QTO eksisting dan QTO berbasis BIM.

Pada pemodelan elemen struktur, volume beton menunjukkan selisih yang cukup bervariasi. Selisih terkecil terjadi pada elemen pondasi sebesar -1,4%, sedangkan selisih terbesar terjadi pada elemen pelat lantai sebesar -5,89%. Perbedaan ini disebabkan oleh metode pembacaan dimensi pada BIM Revit yang menggunakan bentang bersih kolom (clear span), sementara metode konvensional menggunakan pembacaan bentang as to as antar kolom.

Perbandingan volume pembesian pada setiap elemen struktur juga menunjukkan adanya selisih yang cukup signifikan. Selisih terbesar terjadi pada pembesian balok sebesar -8,06%. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya perbedaan dalam perhitungan panjang tulangan, jumlah sengkang, serta pembulatan angka pada proses perhitungan. Total nilai yang diperoleh dari pemodelan 3D menggunakan BIM Revit menunjukkan hasil yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode konvensional. Pada volume beton terdapat selisih sebesar -2,90%, sedangkan pada volume pembesian terdapat selisih sebesar -2,67% dibandingkan hasil perhitungan metode konvensional.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan yang telah dilakukan, Implementasi BIM menggunakan Autodesk Revit berhasil diterapkan pada pemodelan 3D seluruh elemen struktur Gedung Pendidikan SDN Asemrowo, meliputi pondasi pilecap, sloof, kolom, balok, pelat lantai, dan struktur atap beserta detail penulangannya. Model 3D yang dihasilkan mampu dikembangkan menjadi gambar kerja 2D berupa denah, tampak, potongan, dan detail elemen struktur, sehingga mempermudah proses perencanaan dibandingkan dengan penggunaan gambar DED 2D secara konvensional.

Hasil quantity take off (QTO) pekerjaan struktur Gedung SDN Asemrowo yang diperoleh dari pemodelan Autodesk Revit menunjukkan volume beton struktur pondasi sebesar 141,87 m³ dengan berat besi 13.969,77 kg, struktur sloof dengan volume beton 18,70 m³ dan besi 2.813,88 kg, struktur kolom dengan volume beton 52,13 m³ dan besi 7.250,20 kg, struktur balok dengan volume beton 63,23 m³ dan besi 9.462,99 kg, serta struktur pelat lantai dengan volume beton 63,23 m³ dan besi 6.640,72 kg. Untuk struktur atap baja, diperoleh berat kolom WF sebesar 100,09 kg, rafter 874,64 kg, jurai 57,21 kg, dan gording 1.636 kg.

Perbandingan hasil QTO antara metode BIM Revit dan metode konvensional menunjukkan selisih sebesar -2,90% untuk volume beton dan -2,67% untuk volume pembesian, di mana tanda negatif mengindikasikan bahwa hasil BIM lebih kecil dibandingkan metode konvensional. Perbedaan ini secara konsisten disebabkan oleh perbedaan pendekatan perhitungan, di mana metode konvensional menggunakan bentang as-to-as (sumbu ke sumbu), sedangkan Autodesk Revit menggunakan bentang bersih (clear span). Selain itu, perbedaan dalam perhitungan panjang tulangan, jumlah sengkang, dan pembulatan angka pada sistem pembesian turut berkontribusi terhadap selisih yang dihasilkan antara kedua metode tersebut.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S.I., Hardyanti, N. and Sumiyati, S., (2023). Analisis perbandingan Quantity Take Off (QTO) beton menggunakan metode Building Information Modelling (BIM) dan metode konvensional (studi kasus: Proyek Kantor PNM Cabang Jember), *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, 1(6), pp. 225–233.
- Arditya, S. and Wacano, S., (2024). Analisis perbandingan perhitungan Quantity Take Off menggunakan BIM Revit dengan metode konvensional pada struktur atas proyek pembangunan Gedung RSPON, in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, 6(1), pp. 336–343.
- Fadillah, M., (2022). Quantity Take-Off pekerjaan struktur berbasis Building Information Modeling (BIM) pembangunan Gedung Kantor Pelayanan Pajak Pratama Balige, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 2(1). Available at: <https://doi.org/10.51510/agregat.v2i1.733>.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, (2018). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 22/PRT/M/2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Kvan, T. and Thilakarathne, R., (2003). Models in the design conversation, in *Proceedings of the 20th Conference on Education in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe 2003)*, pp. 512–517.
- Marco, E., Williams, K., Oliveira, S. and Sinnett, D., (2021). The architectural model as augmenting a sensory ethnography, *The Design Journal*, 24(6), pp. 843–864. Available at: <https://doi.org/10.1080/14606925.2021.1949237>.
- Pratama, E., Rizky, I.H. and Pratiwi, R., (2024). Implementasi konsep Building Information Modelling (BIM) 5D pada pekerjaan struktur untuk efisiensi biaya proyek, *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 12(2), pp. 138–143.
- Ramandhani, E.A., Saefudin, A. and Agustina, S., (2024). Penerapan Building Information Modeling (BIM) dalam perbandingan Quantity Take Off material pada proyek pembangunan BSI Tower Jakarta, *Jurnal Deformasi*, 9(2), pp. 98–106.
- Riyadi, S., Taqwa, F.M.L., Brillianto, A.G. and Simanjuntak, M.R.A., (2024). Analisis implementasi teknologi Building Information Modelling (BIM) pada tahap perencanaan bangunan Gedung Istana Kepresidenan Ibu Kota Nusantara (studi kasus PT Yodya Karya, Persero), *Jurnal Komposit*, 8(2), pp. 279–288. Available at: <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15450>.
- Sabil, D., (2023). *Penerapan Building Information Modeling (BIM) 5D pada proyek Gedung Simpang Temu Dukuh Atas, Jakarta Pusat*.
- Santoso, I.S., Suroso, A. and Amin, M., 2023. Pengaruh tingkat penerapan BIM 5D terhadap kinerja biaya proyek konstruksi, *Konstruksia*, 14(2), pp. 83–92. Available at: <https://doi.org/10.24853/jk.14.2.83-92>.
- Stojanovic, D., (2012). Prototypical architecture: Design research method with full-scale models, in *Proceedings of the 17th International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA 2012)*, pp. 689–698.
- Wibowo, A. and Beatrix, M., (2023). Evaluasi Quantity Take Off pekerjaan pedestal dan pile cap menggunakan software Autodesk Revit pada proyek pembangunan Gedung Kantor PT. Tri Kanigara Group, *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 3(2), pp. 1366–1371.